
매입형 영구자석 동기 전동기의 릴럭턴스 토크 증대를 위한 회전자 에어 덕트 적용에 따른 특성 변화 분석

고 덕 화¹⁾ · 이 진 규¹⁾

(주삼현¹⁾)

Performance Analysis by Applying Rotor Air Duct to Increase Reluctance Torque of IPMSM

Dukhwa Koh¹⁾ · Ginyu Lee¹⁾

Samhyun company¹⁾

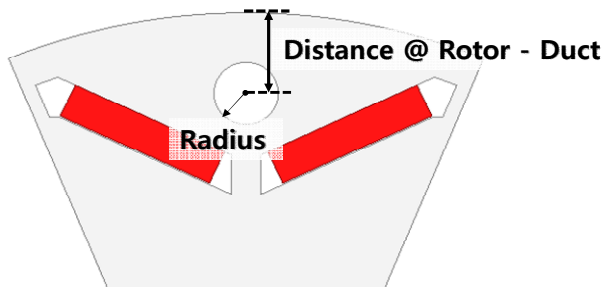
Key words : Rotor Air Ducts(회전자 에어 덕트), IPMSM(매입형 영구자석 동기 전동기), Reluctance Torque (릴럭턴스 토크), d-q Axis(d-q축)

지구 온난화 등 전 세계적인 환경 문제에 대한 관심 증가로 인하여 각 정부들의 환경 규제 정책 역시 강화되고 있다. 이에, 국내외의 자동차 선도 기업들은 친환경 차량 개발을 핵심 사업으로 진행하고 있는 가운데 엔진과 모터가 동시에 장착되어야 하는 공간확보에 대한 중요성이 대두되고 있으며, 이로 인해 구동모터의 고출력화 및 소형화 기술 향상에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

매입형 영구자석 동기전동기(IPMSM)의 출력 토크는 영구자석 자속에 의한 마그네틱 토크와 회전자 돌극성 및 전기자 권선의 인덕턴스 변화로 인해 발생하는 릴럭턴스 토크에 의해 결정된다. 이 중 마그네틱 토크는 사용되는 소재의 특성에 의한 영향을 받는 반면, 릴럭턴스 토크는 모터의 형상 변수에 의한 영향을 받는다. 릴럭턴스 토크는 인덕턴스 변화를 통해 출력을 향상시킬 수 있는 장점이 있으나, 토크 리플 및 코깅 토크 증가 등의 단점이 존재한다. 근래 릴럭턴스 토크 향상 설계를 위한 방법으로 회전자 영구자석 사이에 에어 덕트를 형성하는 방법이 연구되고 있는데, 본 논문에서는 이러한 회전자 에어 덕트 적용을 위한 형상 변수 변경에 따른 특성 변화 분석을 수행하였다.

회전자 에어 덕트 변경에 따른 특성 변화 분석을 위한 형상 변수는 그림 1에 나타내었다. 먼저 토크 변화량을 분석한 결과 기본값(0mm) 대비 -2.5 ~ 3.0[%]의 변화량이 나타났는데, 거리 변수 증가에 따라 자속 경로 형성 및 누설 자속이 저감하여 토크 성능이 높아지는 것으로 판단되며, 영구자석과의 거리가 일정 이상으로 근접하면 출력 토크 상승량이 크게 증가하였다. 반면 회전자의 응력은 일정 거리 이상에서 거리 변수의 증가에 따라 응력 발생 강도가 지수적으로 증가하였고, 10[mm] 이상 30[mm] 이하의 범위 내에서는 거리 변수 및 반지름 변수에 대한 경향성은 나타나지 않으나, 10~20[%] 사이의 응력이 발생하는 것을 확인 할 수 있었다. 마지막으로 각 변수에 따른 모터 효율 특성은 1[%] 이하로 큰 변화량이 없었으며, 가용 범위 안에서는 효율 변화가 없다고 판단된다.

IPMSM의 릴럭턴스 토크 사용 비중을 늘리기 위해 에어 덕트를 적용했을 때, 출력 토크는 2~3[%], 회전자 응력은 10~20[%] 증가하는 경향을 보였으며, 이는 기본 모델의 마그네틱 토크, 릴럭턴스 토크 사용 비율에 따라 달라질 수 있다.



변수	정의	단위
Distance	회전자 에어 덕트의 중심과 회전자 외경 사이의 거리	mm
Radius	회전자 에어 덕트의 반지름	mm

Fig. 1 변수 선정

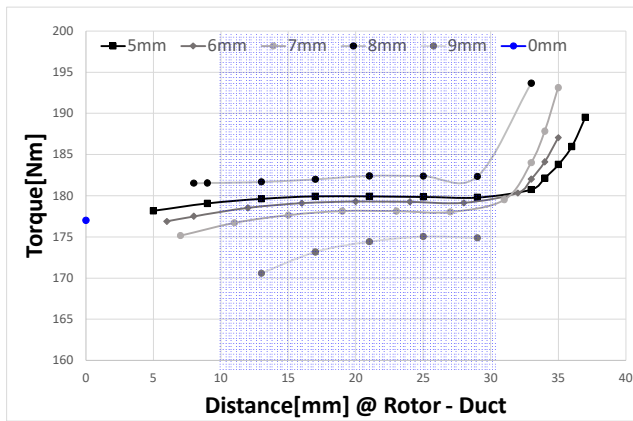


Fig. 2 선정 변수에 따른 출력 토크 변화 추이

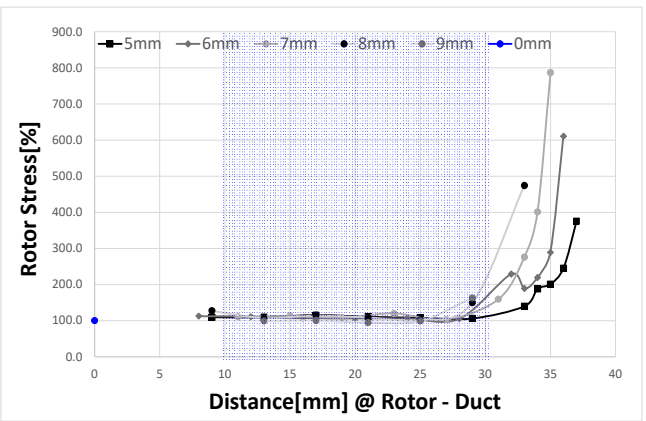


Fig. 3 선정 변수에 따른 회전자 응력 변화 추이

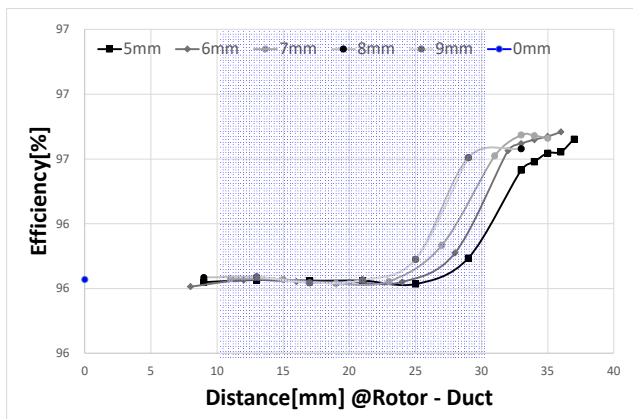


Fig. 4 선정 변수에 따른 모터 효율 변화 추이